

# Dławiki silnikowe

Mirosław Łukiewski

**Przekształtniki tyrystorowe są najczęściej stosowanymi układami zasilania oraz regulacji silników elektrycznych. W celu poprawienia charakterystyk mechanicznych oraz własności dynamicznych tyrystorowego układu napędowego często między silnikiem a układem przekształtnika umieszcza się dławiki silnikowe. Producentem dławików silnikowych jednofazowych ED1S oraz trójfazowych ED3S jest firma Elhand Transformatory z Lublińca**

**D**ławiki silnikowe znajdują szerokie zastosowanie w przekształtnikowych układach napędowych zarówno prądu stałego jak i przemiennego. W zależności od rodzaju układu napędowego, z którym współpracują mają do spełnienia wiele zadań min. zapewnienie ciągłości oraz wygładzenie pulsacji prądu silnika, minimalizację prądu zwarciovego w obwodzie obciążenia przekształtnika, jak również ograniczenie przepięć komutacyjnych i kompensację pojemności linii zasilającej.

## Zadania dławików silnikowych w sterowanych układach prostownikowych

Tętnienie prądu wyprostowanego w obwodzie silnika zasilanego przez prostownik sterowany powoduje iskrzenie pod szczotkami oraz utrudnia proces komutacji. Odpowiednio dobrany dławik silnikowy ED1S umieszczony w obwodzie obciążenia prostownika umożliwia ograniczenie wartości skutecznej pierwszej harmonicznej prądu

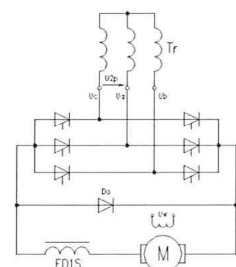
do dopuszczalnego poziomu (2-15) % prądu znamionowego, uzależnionego od mocy oraz zakresu regulacji prędkości kątowej silnika. Indukcyjność obwodu konieczną do utrzymania dopuszczalnej wartości k-tej harmonicznej prądu  $\Delta I_k(\%)$  w obwodzie, znając amplitudę składowej zmiennej napięcia zasilającego wyprostowanego  $U_{d2}$  wyznacza się z zależności (1) [2,3].

$$L_{ob} = \frac{U_{d2} \cdot 100}{\omega k m \Delta I_k(\%) I_{d_n}} \quad (1)$$

gdzie:  $\omega$  - pulsacja,  $m$  - liczba faz,  $k$  - krotność harmonicznej,  $I_{d_n}$  - znamionowa wartość prądu przekształtnika,  $\Delta I_k(\%)$  - dopuszczalna wartość odpowiedniej harmonicznej prądu.

Znając niezbędną indukcyjność obwodu  $L_{ob}$  oraz indukcyjność twornika maszyny  $L_t$  możemy wyznaczyć indukcyjność dławika silnikowego ED1S ograniczającego pulsację prądu w obwodzie obciążenia przekształtnika (2).

$$L_{ED1S} = L_{ob} - L_t, \quad (2)$$

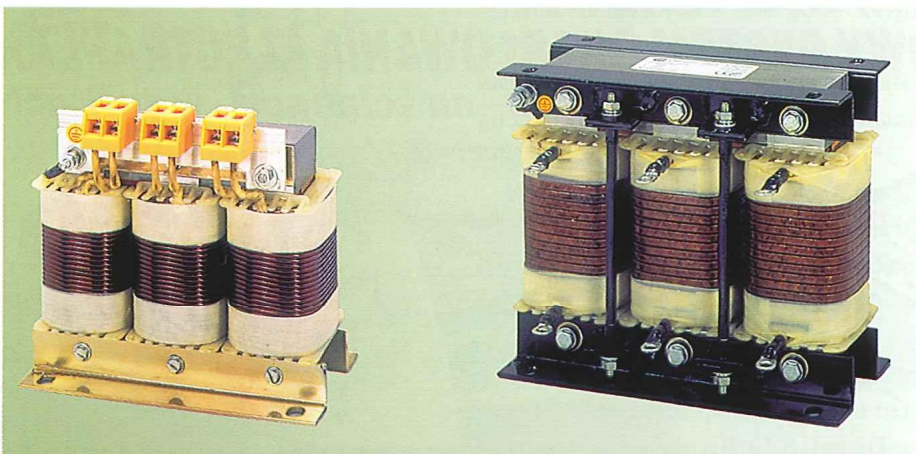


Uproszczonego schematu symetrycznego mostka trójfazowego

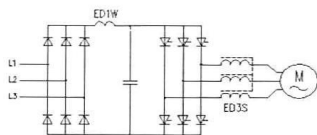
Należy pamiętać, iż materiał magnetyczny rdzenia i konstrukcja dławika silnikowego powinny umożliwiać zachowanie stałej indukcyjności przy prądzie twornika równym podwójnej wartości prądu znamionowego. Warunek ten wynika z przeciążalności prądowej przekształtnika [2,1,5].

Brak ciągłości przebiegu prądu w obwodzie zasilającym silnik powoduje niekorzystne zmiany w przebiegu charakterystyk mechanicznych silnika oraz prowadzi do pogorszenia własności dynamicznych napędu. Z tego powodu, jednym z ważniejszych zadań dławika silnikowego ED1S jest zapewnienie jak najszerszego zakresu przewodzenia prądu ciągłego w obwodzie wyjściowym przekształtnika. Prąd ten przyjmuje charakter nieciągły tym częściej, im mniejsze są wartości prądu i indukcyjności obciążenia. Wyznaczając wartość graniczną prądu obciążenia  $I_{dgr}$  w sposób przedstawiony w [2] oraz znając typ i parametry obwodu przekształtnika można określić najmniejszą wartość indukcyjności obwodu  $L_{ob}$ , która zapewni przepływ ciągłego prądu obciążenia przekształtnika. Dla układu trójfazowego mostka przekształtnikowego wynosi ona (3) [2,3].

$$L_{ob} = \frac{1}{\omega} \left( 0,126 \frac{U_{2p}}{I_{dgr}} \sin \alpha - 2X_a \right) \quad (3)$$



Dławiki silnikowe znajdują szerokie zastosowanie w przekształtnikowych układach napędowych



Uproszczony schemat przekształtnika zasilającego silnik klatkowy

gdzie  $I_{dgr}$  - wartość graniczna prądu obciążenia przekształtnika, przy której następuje zmiana charakteru prądu w obwodzie,  $X_a$  - reaktancja fazy obwodu anodowego,  $U_{2p}$  - napięcie międzyprzewodowe zasilające przekształtnik.

Na podstawie indukcyjności obwodu i parametrów zasilanej maszyny łatwo określić indukcyjność dławika silnikowego ED1S (4), który zainstalowany w obwodzie zapewni ciągły charakter prądu silnika [2,5].

$$L_{ED1S} = L_{ob} - L_t \quad (4)$$

gdzie:  $L_{ob}$  - indukcyjność obwodu wyznaczona z zależności (3),  $L_t$  - indukcyjność twornika określona na podstawie typu i parametrów technicznych maszyny.

### Rola dławików silnikowych w układach napędowych prądu przemiennego

Napięcia wyjściowe falowników to ciąg prostokątnych impulsów o regulowanej szerokości i częstotliwości. Szybkość narastania impulsów przebiegu napięcia jest bardzo duża i stwarza zagrożenie dla izolacji zasilanych maszyn. Ograniczenie szybkości narastania napięcia, a w konsekwencji zmniejszenie ryzyka uszkodzenia izolacji silnika uzyskuje się umieszczając pomiędzy silnikiem a falownikiem dławik silnikowy typu ED3S [1,3].

Dławiki silnikowe ED3S stosowane są również w celu ograniczenia prądów zwarciovych do czasu zadziałania zabezpieczeń i wyłączenia prądu w obwodzie. Najczęściej dobór odpowiedniej indukcyjności dławika silnikowego jest jedyną możliwością ochrony tyrystorów (tranzystorów mocy) układów przekształtnikowych. Dobór indukcyjności dławika silnikowego ED3S uzależniony jest od maksymalnej wartości prądu zwarciovego w układzie. Prąd ten nie może przekraczać niepowtarzalnej, szczytowej wartości prądu tyrystora ITSM [2,1,3].

W praktyce często zachodzi konieczność doprowadzenia napięcia do napędów znacz-

nie oddalonych od źródła zasilania. Długie linie zasilające posiadają duże pojemności, które przyczyniają się do znacznego wzrostu strat mocy w obwodzie [6]. Dławik silnikowy ED3S oprócz ochrony izolacji maszyny kompensuje pojemność linii zasilającej oraz ogranicza harmoniczne i przepięcia komutacyjne w obwodzie silnika.

W obwodzie pośredniczącym przekształtnika w celu wygładzenia pulsacji oraz zapewnienia ciągłości prądu wyprostowanego umieszczany jest dławik ED1W. Optymalny dobór jego indukcyjności ma istotny wpływ na pracę całego układu napędowego.

### Budowa dławików silnikowych

Dławiki silnikowe w zależności od rodzaju układu napędowego i warunków w jakich będą pracowały produkowane są w wykonaniu jedno lub trójfazowym, morskim oraz lądowym. Prądy znamionowe takich dławików dochodzą do setek amperów, natomiast indukcyjności osiągają wartości do kilkudziesięciu milihenrów. Wymogi zastosowań i wynikające stąd parametry techniczne prowadzą do powstawania urządzeń magnetycznych o znacznych wymiarach.

Uzwojenia dławików silnikowych nawijane są najczęściej miedzianym, okrągłym przewodem nawojowym, a dla większych obciążeń prądowych przewodem profilowym lub taśmą. Rdzeń ze stali krzemowej

wykonany jest z blach o grubości (0,25-0,5) mm. Dławiki po złożeniu uzwojeń oraz rdzeni przechodzą impregnację próżniową, która przyczynia się do obniżenia strat mocy i zapewnia wzrost niezawodności produkowanych elementów. Następnie dławiki wyposaża się w zaciski lub końcówki kablowe, kątowniki mocujące i w razie potrzeby uchwyty transportowe.

Końcowym etapem produkcji dławików silnikowych jest seria testów na stacji prób elektrycznych przeprowadzanych zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami.

**Mirosław Łukiewski**  
Autor jest pracownikiem  
firmy Elhand Transformatory



#### LITERATURA

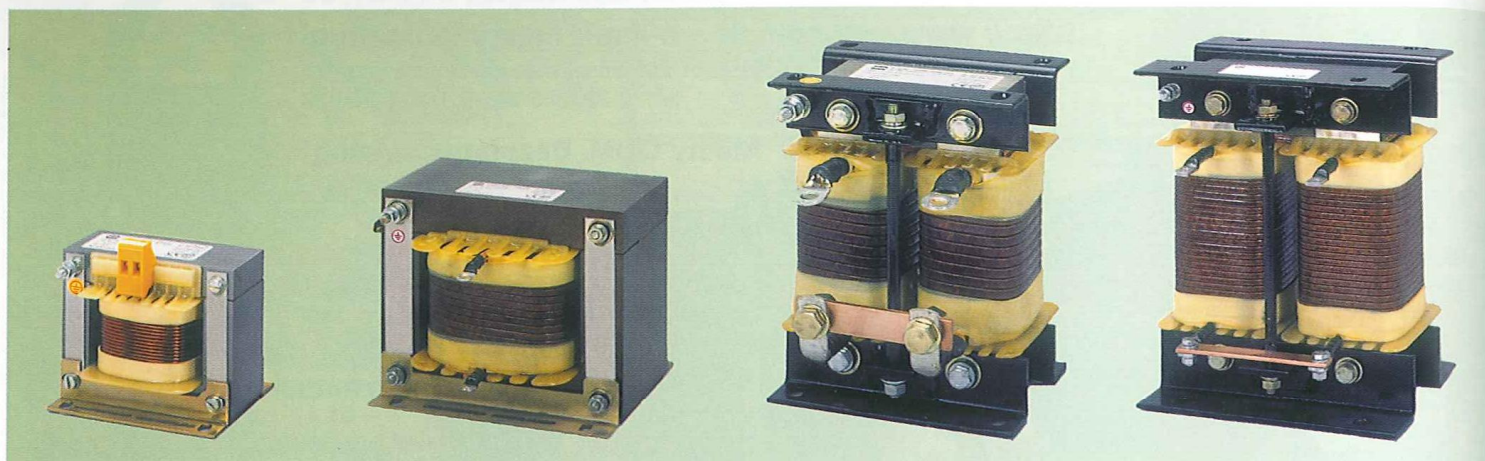
- [1] Żyboriski J., Lipski T. Zabezpieczenia diod i tyrystorów WNT W-wa 1979
- [2] Łastowiecki J. Elementy magnetyczne w układach napędowych WNT W-wa 1982
- [3] Barlik R., Nowak M. Technika tyrystorowa WNT W-wa 1994
- [4] Nowak M., Barlik R. Poradnik inżyniera energoelektronika WNT W-wa 1998
- [5] Kuczewski Z. Energoelektronika WNT W-wa 1980
- [6] CIRCUTOR - Filtering reactors katalog 2000.



#### KONTAKT

##### ELHAND TRANSFORMATORY

42-700 Lubliniec, ul. PCK 22  
tel. +48 (34) 353 17 10  
fax. +48 (34) 356 40 03  
e-mail: info@elhand.com.pl  
www.elhand.com.pl



# Dławiki wygładzające

Mirosław Łukiewski

W obwodzie obciążenia każdego układu prostowniczego otrzymuje się napięcie wyjściowe będące sumą dwóch składowych stałej i zmiennej. W celu redukcji tętnień – najczęściej niekorzystnych z punktu widzenia odbiornika – między wyjście prostownika a obciążenie włącza się filtr prostowniczy. Firma Elhand Transformatory z Lublińca jest producentem dławików wygładzających ED1W, które znajdują zastosowanie w filtrach prostowniczych.

Zadaniem filtrów wygładzających jest korekcja kształtu przebiegów czasowych napięcia i prądu prostownika. Układ filtru ma niewielki wpływ na wartość składowej stałej, ogranicza natomiast składową zmienną, a tym samym współczynnik tętnień.

Własności oraz skuteczność działania filtru prostowniczego określa współczynnik wygładzania:

$$\beta_s = \frac{k_{I1}}{k_{I2}} \quad (1)$$

gdzie:  $k_{I1}$  i  $k_{I2}$  są współczynnikami tętnień (napięcia lub prądu) odpowiednio na wejściu i wyjściu prostownika.

Często rolę filtru spełnia włączony w szereg z obciążeniem dławik wygładzający ED1W (rys.1a).

Indukcyjność dławika wygładzającego pracującego w obwodzie wyjściowym prostownika  $m$  – pulsowego zasilającego odbiornik o rezystancji  $R$ , przy zadanym współczynniku wygładzania napięcia i prądu wyjściowego  $\beta_s$ , wyraża się zależnością:

$$L_{ED1W} = \frac{(1-\beta_s)(R+r)}{2\pi f m \beta_s} \quad (2)$$

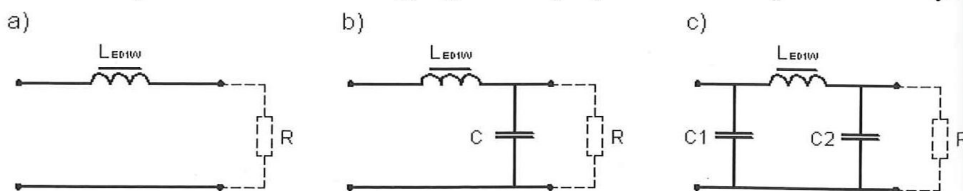
gdzie:  $R$  – rezystancja odbiornika;  $r$  – rezystancja wewnętrzna obwodu prostownika;  $m$  – współczynnik zależny od rodzaju prostownika;  $\beta_s$  – współczynnik wygładzania;  $f$  – częstotliwość napięcia zasilającego prostownik.

W prostownikach jednofazowych, jednopulsowych z filtrem indukcyjnym bardzo trudne jest uzyskanie ciągłego charakteru prądu w obwodzie obciążenia, gdyż impulsy prądu występują tylko co drugi półokres. Z tego powodu filtry indukcyjne raczej nie współpracują z prostownikami jednopulsowymi. Częściej wykorzystuje się prostowniki jednofazowe dwupulsowe z filtrem w postaci dławika indukcyjnego

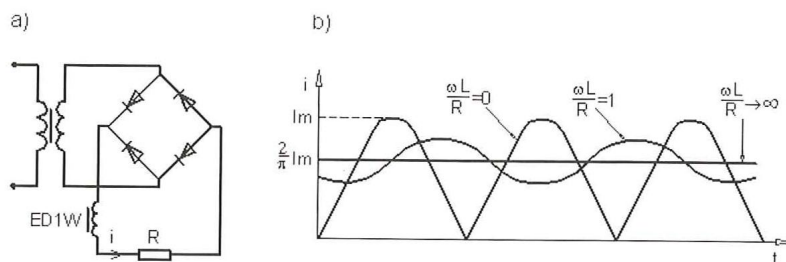
(rys.2). W układzie tym, już przy stosunkowo niedużych prądach obciążenia występuje ciągły przepływ prądu bez dużych tętnień.

Jeżeli reaktancja dławika  $\omega L \gg R$ , to w obwodzie występuje bardzo dobra filtracja tętnień prądu. Dodatkową zaletą tego układu jest to, iż wartość średnia prądu  $2/\pi I_m$  nie zależy od indukcyjności. Ograniczenie tętnień prądu poprzez wzrost indukcyjności dławika nie wprowadza strat napięcia.

Filtr prostowniczy w postaci dławika wygładzającego ED1W znacznie efektywniej będzie spełniał swoje zadanie współpracując z prostownikiem, w którym składowa zmienna ma kilkakrotnie wyższą częstotliwość (np. w przekształtnikach impulsowych). W układach prostownikowych



Rys.1. Najczęściej spotykane układy filtrów wygładzających; a) indukcyjny, b) indukcyjno-pojemnościowy typu G, c) indukcyjno-pojemnościowy typu P



Rys.1. Najczęściej spotykane układy filtrów wygładzających; a) indukcyjny, b) indukcyjno-pojemnościowy typu G, c) indukcyjno-pojemnościowy typu P.

zasilanych napięciem o częstotliwości przemysłowej wygładzanie napięcia i prądu tylko za pomocą dławika wymagałoby stosowania elementów o bardzo dużych indukcyjnościach. Dlatego w praktyce filtry indukcyjne stosowane są najczęściej w układach trójfazowych większych mocy [1,3,4].

Poprzez połączenie dławika wygładzającego z kondensatorem otrzymuje się strukturę filtra LC (rys.1b,1c) o parametrach korzystnych zarówno przy małych, jak i przy dużych prądach obciążenia. Dławik w tym układzie stanowi impedancję szeregową, kondensator zaś dodatkowo bocznkuje obciążenie dla składowych zmiennych.

Jeżeli skuteczność pojedynczego filtra jest zbyt mała, to dalsze ograniczenie składowej zmiennej uzyskuje się budując filtr wielostopniowy złożony z kilku kaskadowo połączonych ogniw. Wypadkowy współczynnik wygładzania jest równy:

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \dots \quad (3)$$

gdzie:  $\beta$  – współczynnik wygładzania filtra wielostopniowego;  $\beta_1, \beta_2$  – współczynniki wygładzania kolejnych stopni filtra.

Należy pamiętać, iż zastosowanie filtra wygładzającego wpływa w istotny sposób na charakterystykę wyjściową całego układu prostowniczego. W stanach niestabilnych powstających podczas włączania i wyłączania prostownika w obwodzie mogą wystąpić znaczne oscylacje prądu lub napięcia powodowane rezonansowym charakterem układu LC i znaczną jego dobrocią [2,3].

### Budowa dławików wygładzających

Dławiki wygładzające ED1W produkowane są w wykonaniu jednofazowym. Podstawowymi parametrami tych dławików są prąd oraz indukcyjność. Wielkości te

zależą w znacznej mierze od typu prostownika, z którym dławik współpracuje oraz mocy zasilanego odbiornika.

Uzwojenia dławików wygładzających nawijane są miedzianym, okrągłym lub profilowym przewodem nawojowym. Rdzeń z elektrotechnicznej stali krzemowej wykonany jest z blach (kształt EI lub UI) o grubości 0.25 – 0.5 mm.

Dławiki po złożeniu uzwojeń oraz rdzeni poddawane są impregnacji próżniowej. Wpływa to na obniżenie strat mocy oraz wzrost niezawodności produkowanych dławików. Następnie dławiki wyposaża się w zaciski lub końcówki kablowe oraz osprzęt mechaniczny. Ostatecznie gotowe dławiki trafiają na stację prób elektrycznych. Jest to ostatni etap produkcji.

Wszystkie czynności począwszy od zakupu materiałów, aż do pakowania gotowego wyrobu przebiegają zgodnie z procedurami systemu zapewnienia jakości ISO 9002.

**Mirosław Łukiewski**

Autor jest pracownikiem firmy ELHAND



#### Literatura

- [1] Rusek A. Podstawy elektroniki WSiP W-wa 1985
- [2] Barlik R., Nowak M. Technika tyrystorowa WNT W-wa 1994
- [3] Nowak M., Barlik R. Poradnik inżyniera energoelektronika WNT W-wa 1998
- [4] Kuczewski Z. Energoelektronika WNT W-wa 1980



#### KONTAKT

#### ELHAND Transformatory

42-700 Lubliniec  
ul. PCK 22  
tel. +48 (34) 353 17 10  
fax. +48 (34) 356 40 03  
www.elhand.com.pl  
e-mail: info@elhand.com.pl